

МОДЕЛЮВАННЯ Й РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАВДАНЬ КООРДИНАЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ В УМОВАХ ВИНИКНЕННЯ ПРОСТОРОВО-РОЗПОДІЛЕНИХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Ляшенко О.М.

Херсонський національний технічний університет
Бериславське шосе, 4, 73008, м. Херсон
olenakntu@gmail.com

У дослідженні поставлено та вирішено науково-прикладну проблему моделювання й розроблення програмного комплексу для розв'язання завдань координаційного керування в умовах виникнення просторово-розподілених надзвичайних ситуацій. Запропоновані програмні засоби й технології забезпечать підвищення якості прийняття рішень завдяки використанню координаційних стратегій під час ліквідації надзвичайних ситуацій; зменшення тривалості ліквідації надзвичайних ситуацій завдяки використанню оперативної інформації про обстановку в зоні надзвичайних ситуацій; мінімізацію ресурсних і матеріальних витрат завдяки своєчасному коректуванню й уточненню планів дій з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. *Ключові слова:* координаційне керування, програмний комплекс, просторово-розподілені надзвичайні ситуації.

Моделирование и разработка программного комплекса для решения задач координационного управления в условиях возникновения пространственно-распределенных чрезвычайных ситуаций. Ляшенко Е.Н. В исследовании сформулирована и решена научно-прикладная проблема моделирования и разработки программного комплекса для решения задач координационного управления в условиях возникновения пространственно-распределенных чрезвычайных ситуаций. Предложенные программные средства и технологии обеспечат повышение качества принятия решений благодаря использованию координационных стратегий при ликвидации чрезвычайных ситуаций; уменьшение продолжительности ликвидации чрезвычайных ситуаций благодаря использованию оперативной информации об обстановке в зоне чрезвычайных ситуаций; минимизацию ресурсных и материальных затрат благодаря своевременной корректировке и уточнению планов действий по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. *Ключевые слова:* координационное управление, программный комплекс, пространственно-распределенные чрезвычайные ситуации.

Modeling and developing a software complex to solve tasks of coordinating control under conditions of spatially-distributed emergencies. Liashenko O. The applied scientific research on the problems of modeling and developing a software complex to solve tasks of coordinating control under conditions of spatially-distributed emergencies, has been formulated and solved. The proposed software and technologies will provide: improving the quality of decision-making by using the coordination strategies in emergency response; reducing the duration of emergency response by using the operational information about the situation in the emergency zone; minimization of resource and material costs by timely adjustment and clarification of emergency response plans. *Key words:* coordinating control, software complex, spatially-distributed emergencies.

Постановка проблеми. Аналіз статистичних даних про виникнення надзвичайних ситуацій (далі – НС) в Україні впродовж останніх п'яти років показує тенденцію постійного зростання їх кількості й масштабності [1; 2]. В умовах виникнення НС необхідна чітка координація дій органів управління, а також ефективне координаційне керування силами та засобами Державної служби з надзвичайних ситуацій України (далі – ДСНС), що залучаються для локалізації зон і ліквідації наслідків НС, з метою порятунку життя, збереження здоров'я людей, зниження екологічних і матеріальних збитків, завданих природному середовищу, а також припинення дії характерних для НС небезпечних факторів.

Отже, науково-прикладною проблемою дослідження є моделювання та розроблення програмного комплексу для функціонування в умовах

виникнення НС різного походження, що забезпечить підвищення обґрунтованості, оперативності й ефективності рішень, які приймаються під час виконання основних завдань координаційного керування в режимах повсякденної готовності, підвищеної готовності (у разі загрози виникнення НС) і надзвичайної ситуації (у разі виникнення та ліквідації НС).

Актуальність дослідження підтверджується тим, що в результаті розв'язання науково-прикладної проблеми буде сформовано й обґрунтовано наукові підходи до розв'язання завдань координації в складних просторово-розподілених динамічних системах, до яких можна зарахувати НС, в умовах невизначеності, наявності динамічних збурень різної природи та дефіциту часу на прийняття рішень.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.

Дослідження виконано відповідно до пріоритетних цілей, сформульованих у Стратегії державної екологічної політики України на період до 2030 року. Також тема дослідження є складником науково-дослідних робіт (далі – НДР), що проводяться в Херсонському національному технічному університеті в рамках держбюджетних НДР «Розробка теоретичних та методологічних основ формування системи управління лісовими ресурсами регіону» (№ 0113U007939) і «Моделювання процесів координаційного керування та прийняття рішень в умовах виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру» (№ 0117U007290).

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз робіт [2–6] показав, що досить широка аудиторія дослідників ставила перед собою завдання з розроблення програмних комплексів, що забезпечать можливість інформаційної підтримки процесу оперативного координаційного керування з ліквідації наслідків НС.

Так, у роботі [2] набули подальшого розвитку інформаційна технологія побудови просторової структури техногенних систем із потенційно небезпечними об'єктами (далі – ПНО), яка завдяки використанню мультимедійного подання аварійної ситуації забезпечує можливість синтезу процедур і стратегій оперативного координаційного керування процесом ліквідації НС; метод побудови процедури інтеграції структур ДСНС України в АСУ техногенними комплексами з ПНО, який на основі координаційних стратегій забезпечує мінімізацію ризиків виникнення аварій і скорочує час їх ліквідації.

У праці [3] розглянуто стан і проблеми впровадження системи моніторингу безпеки в Україні та її відмінності від систем розвинутих країн. Сутність і призначення системи моніторингу безпеки і прогнозування полягають у спостереженні, контролі та передбаченні небезпечних процесів і явищ природи, техносфери, зовнішніх дестабілізуючих та інших факторів, які є джерелами НС, а також визначенні масштабів НС з метою вирішення завдань щодо мінімізації їх поширення.

У роботі [4] розроблено систему, метою якої є підтримка процесів прийняття рішень на етапах підготовки, запобігання та планування системи захисту від природних та інших катастроф. Основою системи є географічна інформаційна підсистема області з усіма необхідними даними про регіон, де сталася НС.

У праці [5] розроблено й впроваджено динамічну інтегровану модель, яку призначено для оперативного керування процесом ліквідації НС. На основі моделі створено прототип системи підтримки прийняття рішень (далі – СППР) в умовах виникнення НС.

У роботі [6] запропоновано модель СППР, яка дає змогу координувати дії сил, що залучаються для ліквідації НС транскордонного характеру. Запропонована технологія дала можливість закласти основи для створення інтегрованих інформаційних

СППР із керування аварійно-рятувальними роботами в умовах виникнення НС транскордонного характеру.

За результатами аналізу останніх досліджень і публікацій можна зробити висновок, що в більшості робіт для вирішення поставлених завдань використовувалися методи: системного аналізу, теорії ймовірності, теорії ієрархічних систем, теорії прийняття рішень. Недоліком використання таких методів є висока обчислювальна складність, що перешкоджає досягненню необхідної швидкості роботи програмних систем, які призначені для функціонування в умовах виникнення НС.

Це й зумовлює актуальність подальших досліджень з обраної теми.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Важливу роль у зниженні тяжкості наслідків від НС різного походження відіграє правильність та обґрунтованість рішень з оперативного керування, що приймаються в процесі ліквідації НС.

Однією з важливих функцій керування в умовах виникнення просторово-розподілених НС є координація дій сил і засобів ДСНС України.

Варто зазначити, що чим вищі складність і масштабність поширення НС, тим важче забезпечувати ефективну координацію особливо на початкових стадіях їх виникнення та розвитку.

Отже, виникає необхідність у моделюванні та розробленні програмних комплексів для розв'язання завдань координаційного керування в умовах невизначеності й неповноти інформації про параметри поширення НС, необхідні темпи ліквідації, необхідний обсяг ресурсів, а також рівні складності робіт з ліквідації НС.

Новизна. У дослідженні поставлено та вирішено науково-прикладну проблему моделювання й розроблення програмного комплексу для розв'язання завдань координаційного керування в умовах виникнення просторово-розподілених НС. Для вирішення поставленої науково-прикладної проблеми використано моделі координації динамічних систем, моделі та методи прийняття рішень, методи інтелектуального аналізу даних і методологію об'єктно-орієнтованого проектування програмних систем.

Методологічне або загальнонаукове значення. Запропоновані програмні засоби й технології забезпечать підвищення якості прийняття рішень завдяки використанню координаційних стратегій у режимах повсякденної готовності, підвищеної готовності (у разі загрози виникнення НС) і надзвичайної ситуації (у разі виникнення та ліквідації НС); зменшення тривалості ліквідації НС завдяки використанню оперативної інформації про обстановку в зоні НС; мінімізацію ресурсних і матеріальних витрат завдяки своєчасному коректуванню й уточненню планів дій з ліквідації наслідків НС та оперативній мобілізації підрозділів ДСНС України.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо питання координації в складних ієрархічних системах (далі – ІС), що утворюються органами керування в процесі їхньої спільної діяльності з ліквідації наслідків НС.

Нехай існує ієрархічна система Θ з n рівнями ієрархії керування [7].

Задамо множину об'єктів: $A = \{A_{ij}\}$, де i – рівень керування, $i \in [1..n]$, який містить m_i об'єктів; j – індекс конкретного об'єкта рівня i , $j \in [1..m_i]$.

Побудуємо ієрархію Y у вигляді трійки: $Y = \langle \perp, A, \prec \rangle$, де A – множина об'єктів ієрархії; \prec – відношення несурового порядку, що задане над A ; \perp – найменший елемент для \prec .

Відношення порядку $\prec \in$ відношенням підпорядкованості: $A_{ij} \prec A_{kl}$ означає, що орган керування A_{ij} підпорядкований органу керування A_{kl} . Відповідно, A_{ij} є керуванним об'єктом, а A_{kl} – керуючим об'єктом, що формує для A_{ij} (й інших підлеглих об'єктів) керуючі впливи.

У рамках ІС функція керування будь-яким об'єктом A_{ij} реалізується керівником відповідного органу з ліквідації наслідків НС, який цілеспрямовано (шляхом постановки мети, визначення завдань і вибору сил, засобів і ресурсів для їх реалізації) здійснює прийняття рішень.

Відповідно, керівник кожного з об'єктів A_{ij} приймає рішення відповідно до наявної установки $Z_{ij} = \langle G_{ij}, Q_{ij}, R_{ij} \rangle$, що включає цілі G_{ij} , критерії Q_{ij} та обмеження R_{ij} (наприклад, на множині доступних ресурсів або за часом). Виконання прийнятих керівником A_{ij} рішень передбачає реалізацію деякої послідовності керуючих впливів $[u_{ij1}, \dots, u_{ijl}]$, які є планом P_{ij} (програмою, процедурою, алгоритмом) досягнення мети G_{ij} , оптимальним із погляду суб'єктивних установок Z_{ij} . При цьому керуючий вплив u_{ijk} можна розглядати як множину одночасно (в момент часу t_k) виконуваних дій $\{a_{1k}, \dots, a_{mk}\}$, кожна з яких змінює певний параметр стану об'єкта.

Відповідно, процес координації можна розглядати як координацію рішень, координацію дій [7].

За об'єктом координації рішень розрізняють:

1) координацію в просторі цілей, яка передбачає узгодження приватних цілей G_{ij} взаємодіючих об'єктів A_{ij} для досягнення спільної мети $G_{(i+1)k}$, що встановлюється керуючим об'єктом $A_{(i+1)k}$;

2) координацію в просторі обмежень (ресурсів), яка передбачає узгодження множини обмежень R_{ij} взаємодіючих об'єктів A_{ij} так, що $R_{(i+1)k} = \cup_{j=1}^{m(i+1)} R_{ij}$;

3) координацію в просторі критеріїв, яка передбачає узгодження множини критеріїв прийняття рішень Q_{ij} взаємодіючих об'єктів A_{ij} ;

4) координацію планів, що передбачає узгодження планів P_{ij} взаємодіючих об'єктів A_{ij} керуючим об'єктом $A_{(i+1)k}$.

Координація дій, як правило, зводиться до такого:

1) координації керуючих впливів, яка передбачає узгодження виконуваних взаємодіючими об'єктами A_{ij} конкретних керуючих впливів у рамках плану P_{ij} ;

2) координації за часом, що передбачає узгодження в часі моментів застосування керуючих впливів для різних взаємодіючих об'єктів A_{ij} .

Для розв'язання завдань координаційного керування побудовано програмний комплекс (далі – ПК), призначення якого полягає в забезпеченні керівників органів управління в умовах виникнення НС інформаційною підтримкою під час виконання основних завдань з ліквідації наслідків НС, а саме [8; 9]:

1) визначення зони НС і зони можливого ураження;

2) аналітичного опрацювання інформації про обстановку в зоні НС;

3) ведення робочої карти (схеми) зони НС;

4) постійного моніторингу оперативної обстановки в зоні НС з метою регулярних спостережень і прогнозу змін метеорологічних, ландшафтних, радіологічних та інших факторів, що впливають на процес ліквідації наслідків НС;

5) створення сховища даних про НС, а також резерви матеріальних і фінансових ресурсів, необхідних для запобігання НС і реагування на НС;

6) обліку залучених сил і засобів для проведення невідкладних робіт з ліквідації наслідків НС;

7) розроблення, своєчасного коректування й уточнення планів дій щодо запобігання виникненню та ліквідації наслідків НС;

8) розроблення інструкцій з координації дій між різними підрозділами ДСНС України;

9) прогнозування й оцінювання соціально-економічних наслідків НС, визначення на основі прогнозу потреби в силах, засобах, матеріальних і фінансових ресурсах;

10) розроблення маршрутів і розрахунок часу прибуття на місце виникнення НС підрозділів, що входять до складу ДСНС України.

ПК складається з чотирьох взаємопов'язаних підсистем: підсистеми завантаження та зберігання даних, підсистеми інтелектуального аналізу даних (Data Mining), підсистеми координації рішень і підсистеми візуалізації просторової інформації (рис. 1).

Основою підсистеми завантаження та зберігання даних є сховище даних (далі – СД). СД – предметно-орієнтований, інтегрований, незмінний набір даних, що підтримує хронологію й організований для цілей підтримки прийняття рішень. В основі концепції СД полягає ідея поділу даних, що використовуються для оперативного оброблення та вирішення завдань аналізу. Такий поділ дає змогу оптимізувати як структури даних оперативного зберігання (оперативні БД, файли, електронні таблиці тощо) для виконання операцій введення, модифікації, видалення та пошуку, так і структури даних, що використовуються для аналізу (для виконання аналітичних запитів) [10].

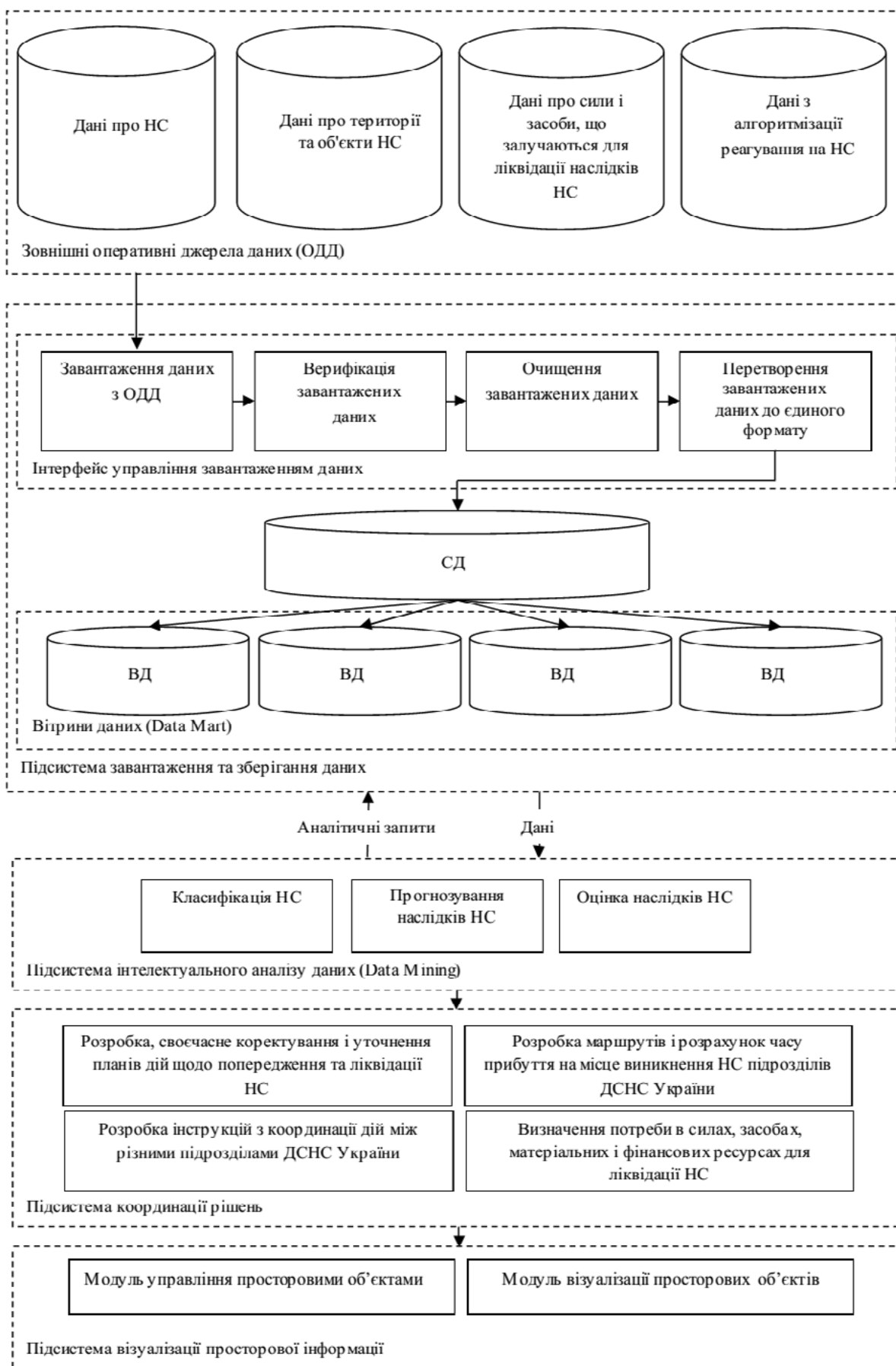


Рис. 1. Концептуальна структура програмного комплексу

У СД за допомогою інтерфейсу управління завантаженням даних завантажуються дані із зовнішніх оперативних джерел даних (далі – ОДД).

До ОДД належать такі реляційні бази даних (далі – БД): «Дані про НС» (адреса, дата й час виникнення, площа НС, час прибуття підрозділів до місця виникнення НС, кількість поранених, кількість загиблих, матеріальні збитки); «Дані про території та об'єкти НС» (регіон, вид об'єкта, опис об'єкта); «Дані про сили й засоби, що залучаються для ліквідації наслідків НС» (належність сил і засобів до формування, кількість особового складу, кількість пожежної техніки); «Дані з алгоритмізації реагування на НС» (плани дій щодо запобігання НС і ліквідації наслідків НС, інструкції з координації дій між різними підрозділами ДСНС України).

При завантаженні інформації з ОДД в СД дані проходять етапи верифікації, очищення та перетворення. Багато даних не потрапляє в СД, оскільки вони позбавлені сенсу з погляду використання в процедурах аналізу.

Далі очищені дані завантажуються в цільові вітрини даних (далі – ВД) і стають доступними користувачеві для аналізу і звітності. Отже, кінцеві користувачі мають можливість доступу до детальних даних СД для отримання більш повної інформаційної картини про НС.

Основне завдання підсистеми інтелектуального аналізу даних – надати керівникам інструмент для виконання аналізу даних. Підсистема не генерує правильні рішення, а тільки надає дані у відповідному виді (звіти, таблиці, графіки тощо) для вивчення й аналізу.

За ступенем «інтелектуальності» обробки даних під час аналізу можна виділити три класи завдань, які вирішуються підсистемою: інформаційно-пошукові – підсистема здійснює пошук необхідних даних; оперативно-аналітичні – підсистема виробляє групування даних у будь-якому вигляді, необхідному керівникам; інтелектуальні – підсистема здійснює пошук функціональних і логічних закономірностей у накопичених даних, здійснює побудову моделей і правил, які пояснюють знайдені закономірності (прогнозування наслідків НС, класифікація НС, оцінювання наслідків НС) [10].

У підсистемі координації рішень на основі даних, отриманих із підсистеми інтелектуального аналізу даних, здійснюються розроблення, своєчасне коректування й уточнення планів дій щодо запобігання виникненню НС і ліквідації наслідків НС; розроблення інструкцій з координації дій між різними підрозділами ДСНС України; розроблення маршрутів і розрахунок часу прибуття на місце виникнення НС підрозділів ДСНС України й визначається потреба в силах, засобах, матеріальних і фінансових ресурсах, які необхідні для ліквідації НС.

Підсистема візуалізації просторової інформації складається з двох модулів: модуля управління просторовими об'єктами та модуля візуалізації просторових об'єктів.

Модуль управління просторовими об'єктами дає керівникам змогу здійснювати такі операції: операції векторизації (розроблення додаткових векторних шарів мапи), вимірювальні операції, операції буферизації (виділення зон НС), просторові запити (наприклад, пошук відповідної ділянки місцевості за її номером), відновлення об'єктів за координатами.

Модуль візуалізації просторових об'єктів дає керівникам змогу здійснювати роботу з векторними шарами мапи. Ці шари відображають географічні особливості території, на якій сталася НС, розташування сил і засобів, що залучаються для ліквідації НС, площу НС і плани ліквідації НС.

Головні висновки. У статті розроблено програмний комплекс для функціонування в умовах виникнення НС різного походження, використання якого забезпечить підвищення обґрунтованості, оперативності й ефективності рішень, що приймаються під час виконання основних завдань координаційного керування в режимах повсякденної готовності, підвищеної готовності (у разі загрози виникнення НС) і надзвичайної ситуації (у разі виникнення та ліквідації НС).

Сформовано й обґрунтовано наукові підходи до розв'язання завдань координації в складних просторово-розподілених динамічних системах, до яких можна зарахувати НС, в умовах невизначеності, наявності динамічних збурень різної природи та дефіциту часу на прийняття рішень.

Література

1. Інформаційно-аналітична довідка про виникнення НС в Україні упродовж 9 місяців 2018 року. URL: <http://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/83622.html>.
2. Рак Т.С. Ієрархічні моделі та інформаційні технології оперативного управління в умовах надзвичайних ситуацій: автореф. дис. ... докт. тех. наук: спец. 05.13.06 «Інформаційні технології» / Національний університет «Львівська політехніка». Львів, 2013. 39 с.
3. Кропотов П.П., Бегун В.В., Гречанинов В.Ф. Створення сучасної системи моніторингу безпеки – актуальна державна та наукова задача. Системи обробки інформації. 2015. Вип. 11 (136). С. 199–206.
4. Buzolic J., Mladineo N., Knezic S. Decision support system for disaster communications in Dalmatia. International Journal of Emergency Management. 2009. Vol. 1 (2). P. 191–201.
5. Asghar S., Alahakoon D. & Churilov L. A Dynamic Integrated Model for Disaster Management Decision Support Systems. International Journal of Simulation. 2006. Vol. 6 (10–11). P. 95–114.
6. Бердашев Б.Ж. Модель адаптивной системы информационной поддержки управления ликвидацией чрезвычайных ситуаций трансграничного характера: дисс. ... канд. техн. наук: спец. 05.13.10. Москва: Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2014. 155 с.

7. Ляшенко Е.Н., Шерстюк В.Г. Разработка модели координации сил и средств в иерархической системе гражданской защиты населения. Технологический аудит и резервы производства. 2015. № 4/2 (24). С. 4–10.
8. Ляшенко О.М., Кириичук Д.Л. Комп'ютерна програма «Система координації дій з попередження виникнення та ліквідації надзвичайних ситуацій природного характеру «DM SYSTEM FOR CANES». Авторське право на твір, свідоцтво № 69379 від 26.12.2016. Зареєстроване в Державній службі інтелектуальної власності України.
9. Ляшенко О.М. Інформаційна система підтримки прийняття координаційних рішень під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2017. С. 56–58.
10. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, В.В. Степаненко, И.И. Холод. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2004. 336 с.